

DERWENT-ACC-NO: 1987-032573

DERWENT-WEEK: 198705

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Multilayer ceramic substrate with
electronic part - has chip type electronic part and conductor

NoAbstract Dwg

3/3

PATENT-ASSIGNEE: MURATA MFG CO LTD[MURA]

PRIORITY-DATA: 1985JP-0130647 (June 14, 1985)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	MAIN-IPC	PUB-DATE	LANGUAGE
JP 61288498 A	009	N/A	December 18, 1986	N/A

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
JP 61288498A	June 14, 1985	N/A	1985JP-0130647

INT-CL (IPC): H05K003/46

ABSTRACTED-PUB-NO:

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

DERWENT-CLASS: U14

EPI-CODES: U14-H03B2;

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-288498

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)12月18日

H 05 K 3/46

6679-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 電子部品内蔵多層セラミック基板

⑯ 特 願 昭60-130647

⑰ 出 願 昭60(1985)6月14日

⑱ 発 明 者	坂 部	行 雄	長岡京市天神2丁目26番10号	株式会社村田製作所内
⑱ 発 明 者	西 岡	吾 朗	長岡京市天神2丁目26番10号	株式会社村田製作所内
⑱ 発 明 者	鷹 木	洋	長岡京市天神2丁目26番10号	株式会社村田製作所内
⑲ 出 願 人	株式会社村田製作所			長岡京市天神2丁目26番10号
⑳ 代 理 人	弁理士 山本 恵二			

明 細 書

1. 発明の名称

電子部品内蔵多層セラミック基板

2. 特許請求の範囲

(1) 凹部または貫通孔を有するセラミック基板を含む複数枚のセラミック基板が積層されて成る多層セラミック基板と、

多層セラミック基板内であって前記凹部または貫通孔で形成される空間内に収納されたチップ形電子部品と、

多層セラミック基板の層間または前記貫通孔内に設けられていて前記チップ形電子部品を配線している導体とを備えることを特徴とする電子部品内蔵多層セラミック基板。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、多層セラミック基板内に、例えばコンデンサ、抵抗器、コイル等のチップ形電子部品を内蔵した電子部品内蔵多層セラミック基板に関する。

(従来の技術とその問題点)

電子回路をより高密度化、多機能化する等のために、電子部品を内蔵した多層基板が要望されている。

そのような多層基板の1つに、グリーンシート各層に誘電体ペースト、絶縁体ペースト、導電ペースト等を厚膜技術で印刷後、各層を圧着して焼成することによりL、C、R回路等を構成したものがある。しかしこのような多層基板においては、①圧着・焼成過程でペーストの変形が起るため、抵抗値や静電容量等のL、C、Rの特性を計算通りにすることが困難であること、②使用可能な誘電体ペーストの誘電率が小さくて大容量コンデンサの形成が困難であること、③絶縁体ペーストの比抵抗を幅広く選択することが困難であること、④印刷積層を繰り返すに従って印刷部の平面性が非常に悪くなって積層数を増やすことが困難であること、等の種々の問題がある。

一方、従来の多層基板の他の例として、いわゆる抵抗・容量付多層基板がある(例えば「エレク

「トロニク・セラミクス」'85 5月号 頁68～69参照)。これは、セラミックベースの表面にコンデンサ、抵抗器等を厚膜技術で多層に印刷形成したものである。しかしこのような多層基板においても、①印刷パターンの位置ずれによる特性のばらつき、②コンデンサ容量の制約、③平面性の悪化、等の上述した多層基板とほぼ同様の問題がある。

従ってこの発明は、上述のような問題点を解消することができる電子部品内蔵多層セラミック基板を提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

この発明の電子部品内蔵多層セラミック基板は、凹部または貫通孔を有するセラミック基板を含む複数枚のセラミック基板が積層されて成る多層セラミック基板と、多層セラミック基板内であって前記凹部または貫通孔で形成される空間内に収納されたチップ形電子部品と、多層セラミック基板の層間または前記貫通孔内に設けられていて前記チップ形電子部品を配線している導体とを備える

の製法の一例を第3図を参照して説明する。還元雰囲気中で低温焼結可能なセラミックのグリーンシート21G～26Gの内のグリーンシート21G～25Gのそれぞれに、図示のように収納するコンデンサ3、4、抵抗器5の形状・寸法およびそれらの配線パターンに応じた位置に大小の貫通孔7を予め幾つか空けておき、そして非還元性のコンデンサ3、4及び非還元性の抵抗器5を予めチップ部品として完成させておいたものを、前記貫通孔7によって形成される空間内に挿入し、また卑金属から成る導電ペースト6Pを各グリーンシート21G～26Gの貫通孔7の部分や層間の所定の箇所に付与した後、各グリーンシート21G～26Gを圧着し、そして還元雰囲気中において低温焼成すると、第1図に示した電子部品内蔵多層セラミック基板が得られる。尚、第3図中の31、41、51は、それぞれ、チップ形のコンデンサ3、4及び抵抗器5の外部電極であり、52はセラミック基板の表面に付与された抵抗パターンである。

ことを特徴とする。

〔実施例〕

第1図はこの発明の一実施例に係る電子部品内蔵多層セラミック基板を示す概略断面図であり、第2図はその等価回路図である。貫通孔7をそれぞれ有するセラミック基板21～25と貫通孔を有さないセラミック基板26とが積層されて多層セラミック基板2が形成されており、当該多層セラミック基板2内であって各セラミック基板の貫通孔7の組み合わせで形成される空間内に、チップ形の受動素子等の電子部品、例えば積層タイプのコンデンサ3、4及び抵抗器5が収納されている。そして当該コンデンサ3、4及び抵抗器5は、多層セラミック基板2の層間や貫通孔7内に設けられた導体6で適宜配線されて第2図に示すような回路を構成している。この場合、各電子部品を収納する空間を、貫通孔7の代わりに各セラミック基板21～26に適宜設けた凹部で形成するようにしても良い。

上述のような電子部品内蔵多層セラミック基板

この場合、上記グリーンシート21G～26G等のグリーンシートとしては、例えば、「エレクトロニク・セラミクス」'85 3月号 頁18～19に開示されているような、 Al_2O_3 、 CaO 、 SiO_2 、 MgO 、 B_2O_3 と微量添加物から成るセラミック粉末とバインダーとを混合してドクターブレード法によってシート状にされたようなものが利用できる。そのようなグリーンシートは、例えば窒素等の還元雰囲気中で焼成しても特性劣化が無く、しかも例えば900～1000℃程度の比較的低温で焼成することができる。

また上記コンデンサ3、4等のコンデンサとしては、例えば、①特公昭56-46641号公報、②特公昭57-42588号公報、③特公昭57-49515号公報に開示されているようなチタン酸バリウム系の非還元性誘電体セラミック組成物、あるいは④特公昭57-37081号公報、⑤特公昭57-39001号公報に開示されているようなジルコン酸カルシウムを主体とする非還元性誘電体セラミック組成物を用いた例えば積層

タイプのセラミックコンデンサが利用できる。そのようなセラミック積層コンデンサの製法の一例が上記①～③の公報中に開示されている。このようなコンデンサを用いれば、グリーンシート中に収納して還元雰囲気中で焼成しても特性劣化を生じることがない。

上記抵抗器5等の抵抗器としては、例えば、特開昭55-27700号公報、特開昭55-29199号公報に開示されているようなランタンホウ素、イットリウムホウ素等の抵抗物質と非還元性ガラスとから成る非還元性抵抗組成物を、例えばセラミック基板上に付与して還元雰囲気中で焼成した抵抗器が利用できる。このような抵抗器を用いれば、グリーンシート中に収納して還元雰囲気中で焼成しても特性劣化を生じることがない。

上記導電ペースト6P等の導電ペーストとしては、グリーンシートが900～1000℃の還元雰囲気中で焼成可能なため、例えば、Cu、Ni、Fe等の卑金属から成るものが利用できる。

より具体例を示すと、厚さ200μmのSiO₂

、Al₂O₃、BaO、B₂O₃、及びバインダーより成る低温焼結セラミックグリーンシートに、第3図に示すように貫通孔を開け、BaTiO₃を主成分とする非還元性積層セラミックコンデンサ及びLa₂B₂を主成分とする非還元性抵抗器を貫通孔に挿入し、またCu系導電ペーストをスクリーン印刷法で所定パターンに印刷した後、グリーンシートを圧着し、窒素雰囲気中950℃で焼成して第1図に示すような電子部品内蔵多層セラミック基板を得た。そして焼成後の容量、抵抗をLCRメータで測定したところ、設計値通りの値が得られた。

尚、以上においてはグリーンシート、コンデンサ、抵抗器等に還元雰囲気中で焼成可能なものを用いた例を説明したが、この発明はそれに限定されるものではなく、例えば酸化雰囲気中で焼けるような要素によって前述したような構造の電子部品内蔵多層セラミック基板を構成しても良い。

また、第1図等に示した電子部品内蔵多層セラミック基板はあくまでも一例であって、この発明

がそのような構造のものに限定されないことは勿論である。

(発明の効果)

以上のようにこの発明は、チップ形電子部品を多層セラミック基板内の空間に収納した構造であるため、次のような利点がある。①従来のように圧着・焼成過程で電子部品の特性のばらつきが起きることはなく、設計値通りの特性の電子部品を3次元的に内蔵した多層セラミック基板が得られる。②コンデンサとしても、チップ形積層セラミックコンデンサを使用することができるので、大きな静電容量のものが内蔵可能である。③電子部品は多層セラミック基板内に形成された空間内に収納されているため、多層基板の平面性を何等悪化させることはなく、従って積層数の大きな積層基板が容易に得られる。④電子部品は多層セラミック基板内に実装されているため、耐湿性等の耐環境性が良く、従って信頼性の高い製品が得られる。

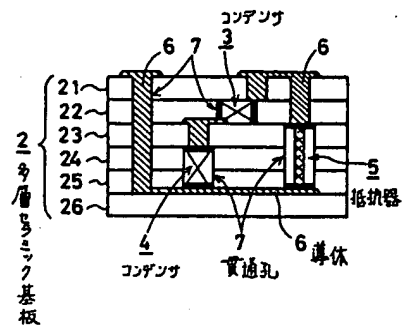
4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例に係る電子部品内蔵多層セラミック基板を示す概略断面図であり、第2図はその等価回路図である。第3図は、第1図の電子部品内蔵多層セラミック基板の組み立て前の状態を示す概略断面図である。

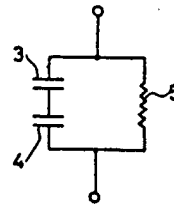
2... 多層セラミック基板、21～26... セラミック基板、21G～26G... グリーンシート、3、4... コンデンサ、5... 抵抗器、6... 導体、7... 貫通孔

代理人 弁理士 山本恵二

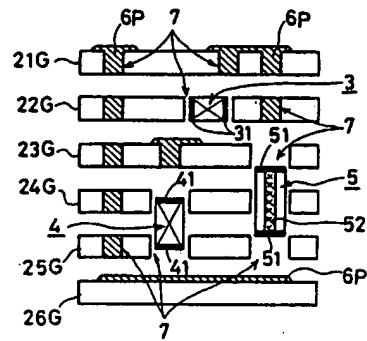
第 1 圖



第 2 回



第 3 図



DERWENT-ACC-NO: 2002-150411

DERWENT-WEEK: 200220

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Multilayered ceramic substrate
manufacturing method involves providing raw function element
in cavity formed in portion of green sheets

PATENT-ASSIGNEE: MURATA MFG CO LTD[MURA]

PRIORITY-DATA: 1999JP-0333755 (November 25, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
JP 2001156454 A	June 8, 2001	N/A
008	H05K 003/46	

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP2001156454A	N/A	1999JP-0333755
November 25, 1999		

INT-CL (IPC): C04B035/495, H05K003/46

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2001156454A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - Green sheets (2a,3a) are formed alternately, and a cavity (4) is formed in one portion of the sheets. A raw function element (5a) comprising green sheet (6a) for elements is formed in the cavity. The other portion of green sheets is made to contact with the green sheets comprising raw function element to form a multilayered ceramic substrate (1a) which is then baked so that shrinkage of raw function element in main surface

direction of sheets is
suppressed.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included
for multilayered
ceramic substrate manufacturing method.

USE - For manufacture of multilayered ceramic substrate with
built-in capacity
of inductor element.

ADVANTAGE - Prevents shrinkage contraction in the direction
of main surface of
green sheets, thus stabilizing the characteristics of
function element.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the sectional
drawing of raw
composite material.

Ceramic substrate 1a

Green sheets 2a,3a

Cavity 4

Raw function element 5a

Green sheet for elements 6a

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/4

DERWENT-CLASS: L03 U14 V04

CPI-CODES: L03-H04E5;

EPI-CODES: U14-H03B; U14-H04A3; V04-R07A1; V04-R07P;

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-156454

(P2001-156454A)

(43) 公開日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 5 K 3/46

H 0 5 K 3/46

Q 4 G 0 3 0

C 0 4 B 35/495

C 0 4 B 35/00

H 5 E 3 4 6

J

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平11-333755

(22) 出願日

平成11年11月25日 (1999. 11. 25)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 須郷 公英

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式

会社村田製作所内

(74) 代理人 100085143

弁理士 小柴 雅昭 (外1名)

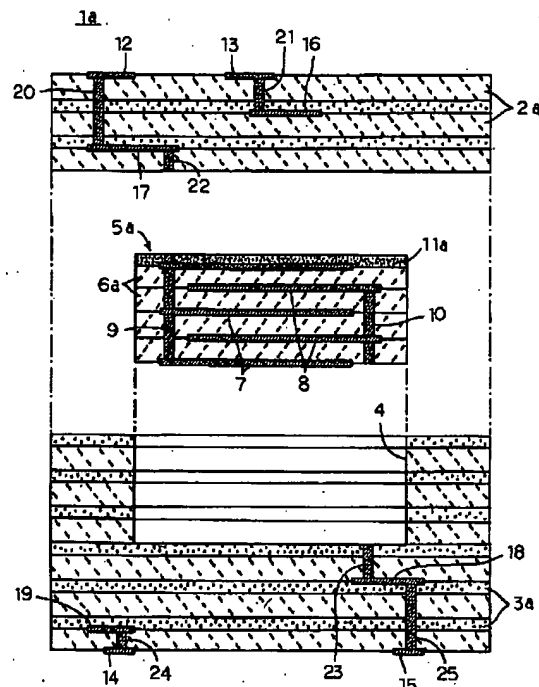
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多層セラミック基板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 安定した特性をもって、コンデンサ素子やインダクタ素子を内蔵する多層セラミック基板を製造できるようにする。

【解決手段】 第1のセラミック機能材料を含む複数の基体用グリーンシート2aと、第1のセラミック機能材料の焼結温度では焼結しない収縮抑制用セラミック材料を含む収縮抑制用グリーンシート3a、11aとを備え、内部に設けられたキャビティ4内に、第1のセラミック機能材料の焼結温度で焼結するが第1のセラミック機能材料とは異なる誘電体等の第2のセラミック機能材料をもって構成された生の機能素子5aが収納され、かつ生の機能素子5aを挟むように収縮抑制用グリーンシート3a、11aが配置されている、生の複合積層体1aを作製し、これを焼成することによって、多層セラミック基板を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のセラミック機能材料と、前記第1のセラミック機能材料の焼結温度で焼結するが前記第1のセラミック機能材料とは異なる第2のセラミック機能材料と、前記第1のセラミック機能材料の焼結温度では焼結しない収縮抑制用セラミック材料とをそれぞれ用意する工程と、

前記第2のセラミック機能材料をもって構成された、生の機能素子を作製する工程と、

前記第1のセラミック機能材料を含む、複数の基体用グリーンシートと、前記基体用グリーンシートの特定のものに接するように配置され、かつ前記収縮抑制用セラミック材料を含む、収縮抑制用グリーンシートとを備えるとともに、少なくとも前記基体用グリーンシートの特定のものには、キャビティが設けられ、前記キャビティ内には、前記生の機能素子が収納され、かつ前記生の機能素子を挟むように前記収縮抑制用グリーンシートが配置されている、生の複合積層体を作製する工程と、

前記生の複合積層体を焼成する工程とを備え、

前記焼成工程において、前記収縮抑制用グリーンシートによって前記基体用グリーンシートの主面方向での収縮および前記生の機能素子の主面方向での収縮を抑制しながら、前記基体用グリーンシートに含まれる前記第1のセラミック機能材料および前記生の機能素子に含まれる前記第2のセラミック機能材料を焼結させる、多層セラミック基板の製造方法。

【請求項2】 前記生の機能素子を挟むように配置されている少なくとも一方の前記収縮抑制用グリーンシートは、前記生の機能素子を作製する工程において付与される、請求項1に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項3】 前記生の機能素子を挟むように配置されている少なくとも一方の前記収縮抑制用グリーンシートは、前記生の複合積層体を作製する工程において付与される、請求項1または2に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項4】 前記生の機能素子は、前記第2のセラミック機能材料を含む複数の素子用グリーンシートを積層した構造を有する、請求項1ないし3のいずれかに記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項5】 前記生の機能素子は、前記収縮抑制用セラミック材料を含む第2の収縮抑制用グリーンシートをさらに備え、前記第2の収縮抑制用グリーンシートは、複数の前記素子用グリーンシートの間の特定の界面に沿って配置される、請求項4に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項6】 前記生の複合積層体を作製する工程は、複数の前記基体用グリーンシートを用意する工程と、少なくとも前記基体用グリーンシートの特定のものに前記キャビティを形成する工程と、前記キャビティ内に前記生の機能素子を挿入する工程と、複数の前記基体用グリ

ーンシートおよび前記収縮抑制用グリーンシートを積み重ねる工程とを備える、請求項1ないし5のいずれかに記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項7】 前記キャビティは、前記基体用グリーンシートおよび前記収縮抑制用グリーンシートの双方を貫通するように形成される、請求項1ないし6のいずれかに記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項8】 前記生の複合積層体は、その外方に向く少なくとも一方の主面上に前記収縮抑制用グリーンシートを形成しており、前記焼成工程の後、前記主面上の前記収縮抑制用グリーンシートから得られる収縮抑制層を除去する工程をさらに備える、請求項1ないし7のいずれかに記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項9】 前記第1のセラミック機能材料は、絶縁体であり、前記第2のセラミック機能材料は、誘電体または磁性体である、請求項1ないし8のいずれかに記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項10】 前記生の機能素子は、前記焼成工程の後、コンデンサ素子またはインダクタ素子を構成する、請求項9に記載の多層セラミック基板の製造方法。

【請求項11】 請求項1ないし10のいずれかに記載の製造方法によって得られた、多層セラミック基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、焼成工程において平面方向の収縮を実質的に生じさせないようにすることができる、いわゆる無収縮プロセスを適用して製造される、多層セラミック基板およびその製造方法に関するもので、特に、内部にブロック状の機能素子を内蔵した構造を有する多層セラミック基板およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】多層セラミック基板をより多機能化、高密度化、高性能化するためには、このような多層セラミック基板において、たとえばコンデンサ素子やインダクタ素子のような機能素子を内蔵しながら、高密度に配線を施すことが有効である。

【0003】上述したような機能素子を内蔵した構造を得るため、従来、典型的には、次のような方法が採用されている。

【0004】すなわち、いわゆる厚膜法によるもので、基体用グリーンシートに誘電体ペーストおよび／または磁性体ペースト等を厚膜形成技術により印刷した後、各基体用グリーンシートを積層しプレスし、次いで焼成することにより、多層セラミック基板の内部に部分的にコンデンサおよび／またはインダクタ等の機能素子を内蔵する方法である。

【0005】この方法の場合、基体用グリーンシートは絶縁体セラミック材料を含み、誘電体ペースト膜は誘電体セラミック材料を含み、磁性体ペースト膜は磁性体セ

ラミック材料を含んでいる。このように互いに異なるセラミック材料を含むグリーンシートおよびペースト膜は、焼成工程において、膨張および収縮等に関して互いに異なる挙動を示すのが一般的であるが、それにも関わらず、上述のように、基体用グリーンシートと誘電体ペースト膜および／または磁性体ペースト膜とを互いに接した状態で同時に焼成することを可能にするため、これら基体用グリーンシート、誘電体ペースト膜および磁性体ペースト膜には、ガラス成分を含ませることが行なわれている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の方法には、次のような問題がある。

【0007】① ペーストの膜厚のばらつきや印刷の位置ずれが比較的しじやすいため、機能素子がコンデンサである場合には容量値、またはインダクタである場合にはインダクタンス値等の特性のばらつきも比較的大きくなる傾向がある。

【0008】② 焼成工程において、基体用グリーンシートに含まれるガラス成分と誘電体ペースト膜および／または磁性体ペースト膜に含まれるガラス成分とが相互に拡散することは避け難い。その結果、焼成後の多層セラミック基板において、基体用グリーンシートに由来するセラミック層ならびに誘電体ペースト膜および／または磁性体ペースト膜に由来する機能素子の各々がもたらす特性が安定しないという問題に遭遇する。特に、機能素子にあっては、誘電体ペースト膜および磁性体ペースト膜の厚みが、基体用グリーンシートの厚みに比べて薄いので、上述したガラス成分の拡散の影響を大きく受けやすい。

【0009】③ プレスや焼成工程で、ペーストの変形が起こるため、このことも容量等の特性のばらつきの原因となる。

【0010】④ 印刷および積層を繰り返すに従って、印刷部の平面性がより悪くなり、積層数を増やすことが困難であるため、コンデンサにあっては容量を大きくすることが難しい。

【0011】そこで、この発明の目的は、上述したような問題を解決し得る、多層セラミック基板およびその製造方法を提供しようとするところである。

【0012】

【課題を解決するための手段】この発明に係る多層セラミック基板の製造方法では、上述した技術的課題を解決するため、第1のセラミック機能材料と、この第1のセラミック機能材料の焼結温度で焼結するが第1のセラミック機能材料とは異なる第2のセラミック機能材料と、第1のセラミック機能材料の焼結温度では焼結しない収縮抑制用セラミック材料とがそれぞれ用意される。

【0013】そして、第2のセラミック機能材料をもって構成された、生の機能素子が作製される。

10 【0014】次いで、第1のセラミック機能材料を含む、複数の基体用グリーンシートと、これら基体用グリーンシートの特定のものに接するように配置され、かつ収縮抑制用セラミック材料を含む、収縮抑制用グリーンシートとを備えるとともに、少なくとも基体用グリーンシートの特定のものには、キャビティが設けられ、このキャビティ内には、前述の生の機能素子が収納され、かつこの生の機能素子を挟むように収縮抑制用グリーンシートが配置されている、生の複合積層体が作製される。

20 【0015】そして、この生の複合積層体が焼成される。この焼成工程において、収縮抑制用グリーンシートによって基体用グリーンシートの主面方向での収縮および生の機能素子の主面方向での収縮が抑制されながら、基体用グリーンシートに含まれる第1のセラミック機能材料および生の機能素子に含まれる第2のセラミック機能材料が焼結される。

【0016】前述したように、生の機能素子を挟むように配置されている少なくとも一方の収縮抑制用グリーンシートは、生の機能素子を作製する工程において付与されても、生の複合積層体を作製する工程において付与されてもよい。

30 【0017】また、生の機能素子は、第2のセラミック機能材料を含む複数の素子用グリーンシートを積層した構造を有することが好ましい。この場合、生の機能素子は、収縮抑制用セラミック材料を含む第2の収縮抑制用グリーンシートをさらに備え、この第2の収縮抑制用グリーンシートは、複数の素子用グリーンシートの間の特定の界面に沿って配置されてもよい。

【0018】また、上述した生の複合積層体を作製する工程には、種々の実施態様があり得るが、ある典型的な好ましい実施態様では、複数の基体用グリーンシートを用意する工程と、少なくとも基体用グリーンシートの特定のものにキャビティを形成する工程と、このキャビティ内に生の機能素子を挿入する工程と、複数の基体用グリーンシートおよび収縮抑制用グリーンシートを積み重ねる工程とが実施される。

【0019】また、キャビティは、基体用グリーンシートおよび収縮抑制用グリーンシートの双方を貫通するように形成されてもよい。

40 【0020】また、この発明に係る製造方法によって製造された多層セラミック基板において、収縮抑制用グリーンシートから得られる収縮抑制層は、そのまま、多層セラミック基板の構成要素として残されてもよいが、生の複合積層体が、その外方に向く少なくとも一方の主面上に収縮抑制用グリーンシートを形成している場合には、焼成工程の後、この主面上の収縮抑制用グリーンシートから得られる収縮抑制層を除去するようにしてもよい。

50 【0021】この発明において、たとえば、第1のセラミック機能材料は、絶縁体であり、第2のセラミック機

能材料は、誘電体または磁性体である。この場合、機能素子によって、コンデンサ素子またはインダクタ素子を与えることができる。

【0022】この発明は、また、以上のような製造方法によって得られた、多層セラミック基板にも向けられる。

【0023】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の一実施形態による製造方法によって製造された多層セラミック基板1を図解的に示す断面図である。

【0024】多層セラミック基板1は、たとえば絶縁体セラミック材料のような第1のセラミック機能材料を含む、複数の基体用セラミック層2を備えている。第1のセラミック機能材料は、後述する理由から、比較的低温で焼結可能であることが好ましく、そのため、たとえば、結晶化ガラス、またはガラスとセラミックとの混合物をもって構成される。一例として、第1のセラミック機能材料は、 $\text{BaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系低温焼結セラミック材料から構成される。

【0025】多層セラミック基板1は、また、上述の基体用セラミック層2の特定のものに接するように配置され、第1のセラミック機能材料の焼結温度では焼結しない収縮抑制用セラミック材料を含み、かつ、焼成の結果、基体用セラミック層2に含まれる材料の一部が浸透している、収縮抑制層3を備えている。上述した第1のセラミック機能材料が、たとえば1000℃以下の温度で焼結され得るものである場合には、収縮抑制用セラミック材料として、たとえばアルミナまたはジルコニアが用いられる。

【0026】この実施形態では、上述した基体用セラミック層2と収縮抑制層3とは交互に配置されている。なお、図1においては、各基体用セラミック層2および各収縮抑制層3は、それぞれ、1つの層として図示されているが、これら基体用セラミック層2および収縮抑制層3の各々は、複数の層からなる積層構造を有していて、その積層数に応じて必要な厚みが与えられるようにしてもよい。

【0027】上述した基体用セラミック層2の特定のものには、キャビティ4が設けられている。この実施形態では、キャビティ4は、基体用セラミック層2だけでなく、特定の収縮抑制層3をも貫通するように設けられている。

【0028】キャビティ4内には、たとえばコンデンサ素子を構成する機能素子5が収納されている。機能素子5は、前述の第1のセラミック機能材料の焼結温度で焼結するが第1のセラミック機能材料とは異なる第2のセラミック機能材料をもって構成される。

【0029】第2のセラミック機能材料としては、機能素子5がコンデンサ素子を構成する場合には、誘電体セラミック材料が用いられ、一例として、 BaTiO_3 -

ホウケイ酸ガラス系低温焼結誘電体セラミック材料が用いられる。他方、機能素子5がインダクタ素子を構成する場合には、第2のセラミック機能材料として、磁性体セラミック材料が用いられ、一例として、 $\text{Mn}-\text{Zn}$ -フェライト-ホウケイ酸ガラス系低温焼結磁性体セラミック材料が用いられる。

【0030】機能素子5は、上述した第2のセラミック機能材料を含む複数の素子用セラミック層6を積層した構造を有している。

10 【0031】図示した機能素子5は、積層コンデンサを構成している。そのため、各素子用セラミック層6を介して互いに対向するように、複数対の第1および第2のコンデンサ電極7および8が形成されている。第1のコンデンサ電極7は、第1の素子用ビアホール導体9によって、互いに電気的に接続されながら機能素子5の外部へ導き出される。他方、第2のコンデンサ電極8は、第2の素子用ビアホール導体10によって、互いに電気的に接続されながら機能素子5の外部へ導き出される。

【0032】なお、機能素子5がインダクタ素子を構成する場合には、たとえば、各素子用セラミック層6の主面に沿ってインダクタ導体が形成され、これらインダクタ導体が、コイル状に延びるように、ビアホール導体等によって互いに電気的に接続される。

【0033】この実施形態の特徴的構成として、機能素子5は、収縮抑制層によって挟まれている。機能素子5を挟むように配置されている下方の収縮抑制層3(A)は、前述した複数の収縮抑制層3のうちの1つによって与えられる。また、機能素子5を挟むように配置されている上方の収縮抑制層11は、機能素子5側の構成要素として与えられている。

【0034】なお、収縮抑制層11も、第1のセラミック機能材料の焼結温度では焼結しない収縮抑制用セラミック材料を含むものであるが、この収縮抑制層11に含まれる収縮抑制用セラミック材料は、前述した収縮抑制層3に含まれる収縮抑制用セラミック材料と同じであっても、異なってもよい。

【0035】多層セラミック基板1は、前述したコンデンサ電極7および8ならびに素子用ビアホール導体9および10以外に、種々の配線導体を備えている。このような配線導体として、たとえば、外部導体膜12、13、14および15、内部導体膜16、17、18および19、ならびにビアホール導体20、21、22、23、24および25が図示されている。

【0036】このような多層セラミック基板1を製造するため、前述した第1のセラミック機能材料と、第2のセラミック機能材料と、収縮抑制用セラミック材料とがそれぞれ用意される。

【0037】そして、図2に分解して示すように、焼成することによって多層セラミック基板1となる生の複合積層体1aが作製される。

【0038】より詳細には、まず、焼成することによって機能素子5となる生の機能素子5aが作製される。生の機能素子5aは、たとえば、第2のセラミック機能材料を含む複数の素子用グリーンシート6aを用意し、これら素子用グリーンシート6aの特定のものに対して、コンデンサ電極7および8となるべき導電性ペーストを印刷等により付与し、また、素子用グリーンシート6aの特定のものに対して素子用ビアホール導体9および10のための貫通孔を設けかつ導電性ペーストを印刷等により付与し、特定の素子用グリーンシート6a上に収縮抑制用セラミック材料を含むセラミックスラリーを付与することによって収縮抑制用グリーンシート11aを形成し、この収縮抑制用グリーンシート11aが形成された素子用グリーンシート6aに素子用ビアホール導体9のための貫通孔を設けかつ導電性ペーストを印刷等により付与し、次いで、これら素子用グリーンシート6aを図2に示すように積み重ね、プレスする、各工程を実施することによって作製することができる。

【0039】他方、第1のセラミック機能材料を含む、複数の基体用グリーンシート2aが用意される。これら基体用グリーンシート2aの特定のものの上には、収縮抑制用セラミック材料を含むスラリーが付与されることによって、収縮抑制用グリーンシート3aが形成される。

【0040】また、上述のように収縮抑制用グリーンシート3aが形成された基体用グリーンシート2aの特定のものに、キャビティ4となるべき貫通孔が設けられる。

【0041】また、基体用グリーンシート2a上または収縮抑制用グリーンシート3a上に、外部導体膜12～15ならびに内部導体膜16～19を形成するため、導電性ペーストが印刷等により付与される。

【0042】また、基体用グリーンシート2aおよび必要に応じて収縮抑制用グリーンシート3aには、ビアホール導体20～25のための貫通孔が設けられかつ導電性ペーストが印刷等により付与される。

【0043】そして、上述した複数の基体用グリーンシート2aは、図2に示すように、積み重ねられ、また、キャビティ4内に生の機能素子5aが挿入され、次いで、プレスされることによって、図2に示すような生の複合積層体1aが得られる。このように生の機能素子5aが内蔵された生の複合積層体1aにおいて、ビアホール導体22はビアホール導体9と接続され、かつビアホール導体23はビアホール導体10と接続された状態となっている。

【0044】このようにして作製された生の複合積層体1aは、次いで焼成される。

【0045】この焼成工程において、基体用グリーンシート2aの主面方向での収縮および生の機能素子5aの主面方向での収縮は、収縮抑制用グリーンシート3aお

よび11aによって抑制されながら、基体用グリーンシート2aに含まれる第1のセラミック機能材料および生の機能素子5aに含まれる第2のセラミック機能材料がそれぞれ焼結し、図1に示す基体用セラミック層2および機能素子5が形成される。

【0046】また、収縮抑制用グリーンシート3aおよび11aによって、図1に示す収縮抑制層3および11がもたらされ、これら収縮抑制層3および11においては、収縮抑制用セラミック材料に、基体用グリーンシート2aおよび/または素子用グリーンシート6aに含まれていた材料の一部が浸透する。

【0047】また、上述した焼成工程において注目すべきことは、生の機能素子5aを挟むように収縮抑制用グリーンシート3aおよび11aが配置されているので、基体用グリーンシート2aと生の機能素子5aとの間で、それぞれに含まれるガラス成分が相互に拡散することが防止されるということである。したがって、得られた多層セラミック基板1において、基体用セラミック層2および機能素子5の各々の特性を安定したものとすることができる。

【0048】なお、生の複合積層体1aが、これから複数の多層セラミック基板1を取り出すためのものである場合には、上述した焼成工程の前に、生の複合積層体1aをカットして分割する工程が実施される。

【0049】以上説明した実施形態では、生の機能素子5aを挟むように配置されている一方の収縮抑制用グリーンシート11aは、生の機能素子5aを作製する工程において付与され、他方の収縮抑制用グリーンシート3aは、生の複合積層体1aを作製する工程において付与されたものである。このような実施形態に代えて、次のような実施形態を採用してもよい。

【0050】すなわち、生の機能素子5aを挟むように配置される両方の収縮抑制用グリーンシートが、生の機能素子5aを作製する工程において付与されてもよい。また、これに代えて、これら両方の収縮抑制用グリーンシートが、生の複合積層体1aを作製する工程において付与されてもよい。

【0051】前述したように、焼成工程において、生の機能素子5aの主面方向での収縮は、これを挟むように位置する収縮抑制用グリーンシート11aおよび3aによって抑制されるが、このような収縮抑制作用をより確実に働かせるようにするため、図3に示すような構造を有する生の機能素子26が採用されてもよい。

【0052】図3において、図2に示した要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【0053】図3を参照して、生の機能素子26は、収縮抑制用セラミック材料を含む第2の収縮抑制用グリーンシート27をさらに備えている。これら第2の収縮抑制用グリーンシート27は、素子用グリーンシート6a

の間の界面に沿って配置される。

【0054】図4は、この発明のさらに他の実施形態による製造方法を適用して得られた生の複合積層体28を図解的に示す断面図である。図4において、図2に示す要素に相当する要素には同様の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【0055】図4を参照して、生の複合積層体28が、図2に示した生の複合積層体1aと異なる点について説明すると、まず、複数の基体用グリーンシート2aの間の界面に沿って収縮抑制用グリーンシートが形成されていない。その代わりに、生の複合積層体28の外方に向く各主面上に、収縮抑制用グリーンシート29および30が形成されている。

【0056】また、生の複合積層体28において内蔵される生の機能素子31は、この生の機能素子31を作製する工程において付与された収縮抑制用グリーンシート32および33を備えており、これら収縮抑制用グリーンシート32および33によって生の機能素子31が挟まれている。

【0057】このような生の複合積層体28によれば、これを焼成した後、収縮抑制用グリーンシート29および30から得られる収縮抑制層が除去される。したがって、この生の複合積層体28から得られた多層セラミック基板においては、収縮抑制用グリーンシート29および30に由来する収縮抑制層が存在しない。

【0058】なお、図4に示した実施形態の変形例として、後で除去される収縮抑制用グリーンシート32および33に加えて、得られた多層セラミック基板において収縮抑制層として残る収縮抑制用グリーンシートが、複数の基体用グリーンシート2aの間の界面に沿って形成されていてもよい。

【0059】以上、この発明を、図示したいくつかの実施形態に関連して説明したが、この発明の範囲内において、その他、いくつかの変形例が可能である。

【0060】たとえば、図示した多層セラミック基板1または生の複合積層体1aもしくは28の断面構造は一例に過ぎず、たとえば、キャビティ4の位置、数、形状等について、また、外部導体膜、内部導体膜およびビアホール導体等の配線導体の位置、数、形状等について、適宜変更することができる。このキャビティに関して言えば、たとえば多層セラミック基板の外表面上に開口を有する凹部として形成されてもよい。

【0061】

【発明の効果】以上のように、この発明に係る多層セラミック基板の製造方法によれば、生の複合積層体においては、複数の基体用グリーンシートの特定のものに接するように収縮抑制用グリーンシートが配置され、また、生の機能素子を挟むように収縮抑制用グリーンシートが配置されているので、焼成工程において、収縮抑制用グリーンシートによって基体用グリーンシートの主面方向

での収縮および生の機能素子の主面方向での収縮が抑制されるので、配線導体等に関して高い寸法精度を維持することができるばかりでなく、生の機能素子を挟む収縮抑制用グリーンシートによって、生の機能素子および基体用グリーンシートの各々に含まれる成分の相互拡散が抑制されるので、多層セラミック基板に内蔵される機能素子の特性および多層セラミック基板全体としての特性をそれぞれ安定させながら、多層セラミック基板を製造することができる。

10 【0062】また、この発明に係る製造方法によって得られた多層セラミック基板によれば、キャビティ内に機能素子が収納された状態となっているので、多層セラミック基板の使用段階においても、機能素子の特性の安定化を図ることができる。

【0063】この発明において、基体用グリーンシートに含まれる第1のセラミック機能材料が絶縁体であり、生の機能素子に含まれる第2のセラミック機能材料が誘電体または磁性体であるとき、機能素子によって、コンデンサ素子またはインダクタ素子を与えることが可能となる。

【0064】また、上述の生の機能素子が、第2のセラミック機能材料を含む複数の素子用グリーンシートを積層した構造を有していると、たとえばコンデンサにおける大容量化等といった高性能化を機能素子において実現することが容易である。

【0065】また、生の機能素子が、複数の素子用グリーンシートの間の特定の界面に沿って配置される第2の収縮抑制用グリーンシートを備えていると、焼成工程における生の機能素子の収縮を抑制することを、この第2の収縮抑制用グリーンシートによってより確実に達成することができる。

【0066】また、この発明において、キャビティが、基体用グリーンシートおよび収縮抑制用グリーンシートの双方を貫通するように形成されると、キャビティの積層方向での寸法を大きくすることができるとともに、収縮抑制用グリーンシートを基体用グリーンシート上に形成した後で、キャビティのための貫通孔を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態による製造方法によって得られた多層セラミック基板1を図解的に示す断面図である。

【図2】図1に示した多層セラミック基板1を製造するために作製される生の複合積層体1aを分解して示す断面図である。

【図3】この発明の他の実施形態を説明するためのもので、図2に示した生の機能素子5aに代えて用いられる生の機能素子26を図解的に示す断面図である。

【図4】この発明のさらに他の実施形態による製造方法において作製される生の複合積層体28を図解的に示す

11

断面図である。

【符号の説明】

1 多層セラミック基板

4 キャビティ

5 機能素子

1a, 28 生の複合積層体

12

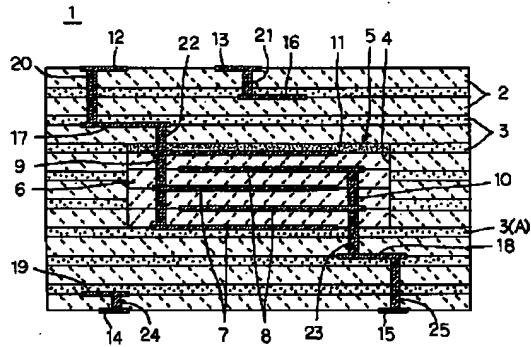
2a 基体用グリーンシート

3a, 11a, 27, 29, 30, 32, 33 収縮抑制用グリーンシート

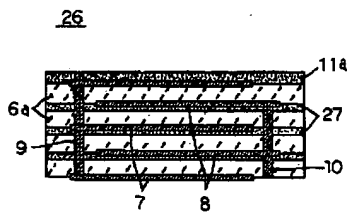
5a, 26, 31 生の機能素子

6a 素子用グリーンシート

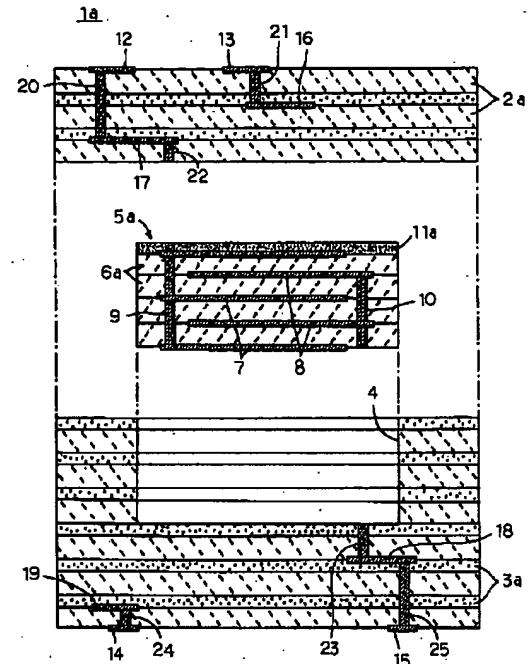
【図1】



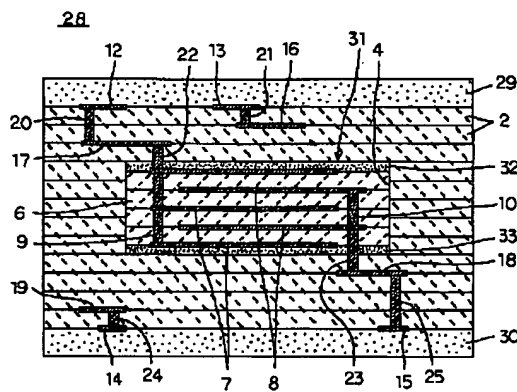
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G030 AA10 AA25 AA27 AA32 AA35
AA36 AA37 BA01 BA02 BA09
CA07 GA23
5E346 AA12 AA13 AA15 AA24 AA38
AA60 BB01 CC17 CC21 DD02
DD07 DD13 DD34 EE24 EE29
FF18 FF45 GG03 GG08 GG09
HH11 HH21



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 929 207 A2

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
14.07.1999 Bulletin 1999/28

(51) Int. Cl.⁶: H05K 3/46

(21) Application number: 98124881.8

(22) Date of filing: 30.12.1998

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventor:
Sunahara, Hirofumi
A170 Intellect. Property Dept.,
Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu 617-8555 (JP)

(30) Priority: 06.01.1998 JP 58498

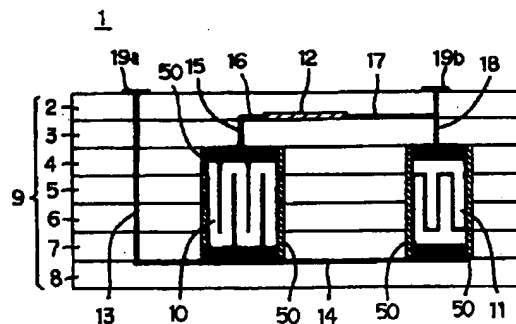
(74) Representative:
Schoppe, Fritz, Dipl.-Ing.
Schoppe & Zimmermann
Patentanwälte
Postfach 71 08 67
81458 München (DE)

(71) Applicant:
Murata Manufacturing Co., Ltd.
Nagaokakyo-shi Kyoto-fu 617-8555 (JP)

(54) Multi-layer ceramic substrate and method for producing the same

(57) The present invention provides a method for producing a high-density multi-layer ceramic substrate (1) with stable characteristics, the substrate (1) incorporating therein a passive component (10, 11) such as a high-precision capacitor or inductor. The method comprises the steps of providing compact blocks containing a green ceramic functional material to form passive components (10, 11); providing a composite green laminate which contains a ceramic green sheet having a plurality of ceramic green sheets comprising a ceramic insulating material and in which the compact blocks are built in pre-disposed spaces and a paste containing a metal inducing, during firing, oxidation reaction accompanied by expansion is provided in space between inside walls of the spaces and the compact blocks; firing the composite green laminate in a state in which the laminate is sandwiched by the sheet-like supports formed of green ceramics that cannot be sintered at the sintering temperature, so as to prevent shrinkage of the laminate; and removing the unsintered sheet-like supports.

Fig. 1



EP 0 929 207 A2

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

[0001] The present invention relates to a multi-layer ceramic substrate and a method for producing the same, and more particularly, to a multi-layer ceramic substrate including passive components such as capacitors and inductors, and to a method for producing the same.

Description of the Related Art

[0002] As electronic devices have become smaller, there have generally been used ceramic substrates made of ceramic insulator and packed with various electronic components that constitute electronic circuitry. Recently, in order to attain an increased packing density and to meet high-frequency requirements, integral multi-layer ceramic substrates have been developed. These integral substrates are made by laminating a plurality of low-dielectric-constant ceramic sheets each being provided with circuit patterns by use of paste containing a low-resistance conductive material such as Ag, Ag-Pd alloy, Cu, or Au, and firing the resultant laminate.

[0003] To attain even higher packing density, it would be advantageous to form a substrate by use of a material having a low dielectric constant and to construct a structure incorporating passive components therein two-dimensionally or three-dimensionally. Particularly, three-dimensional incorporation of passive components is more favorable than two-dimensional incorporation, in view of packing density, degree of freedom in circuit design, and electrical characteristics. Achieving three-dimensional incorporation requires a so-called heterologous material-joined substrate in which the substrate material and the material for passive components are combined, the material for passive components being heterologous to the former material and including a capacitor material, inductor material, resistor material, etc. having a dielectric constant different from that of the substrate material.

[0004] To obtain such a three-dimensional passive-component inclusion structure, the following methods have conventionally been used.

[0005] A first method is called a thick-film method. The thick-film method includes the steps of printing patterns by use of dielectric paste and the like on green sheets which are to be formed into substrates by means of a thick-film forming technique, stacking the green sheets and joining them with pressure, and firing the sheets to partially include capacitors and the like in finished multi-layer ceramic substrates. This method involves the following drawbacks.

(1) Because variation in thickness of paste on the sheet is rather large and precision of printing the paste is insufficient, variation in capacitance or other characteristics is rather large.

(2) The paste on the green sheet is deformed in processes of pressure-joining the sheets and firing, which may cause variation in capacitance and like characteristics.

(3) Repeated printing and lamination of the sheets leads to deteriorated surface flatness of the printed portion, making it difficult to increase the number of sheets of the laminate or, in the case of a capacitor, to increase capacitance thereof.

[0006] A second method is described in Japanese Patent Application Laid-Open (*kokai*) No. 288498/1986. According to this method, chip-type ceramic passive components sintered in advance are incorporated interior of a laminate formed of a plurality of ceramic green sheets which are to be formed into a substrate. This process may overcome the drawbacks involved in the first method; however, shrinkage behavior must be strictly controlled in X, Y, and Z directions of ceramic green sheets, and the method has another drawback in that the materials which can be used as ceramic green sheets for providing substrates are considerably limited. In addition, the method involves the following problems.

(1) When chip-type passive components are included within the space formed in a substrate, undesired gaps tend to be formed between the passive components and the corresponding inner surfaces extending perpendicular to the lamination planes, which gaps may cause formation of depressions at the surface of a substrate. Particularly, when the substrate is made of a glass-containing material, depressions become more significant, and in the worst case, cracks extending perpendicular to the lamination planes may be generated in the surface of the substrate or in the interface between the passive components and the substrate.

(2) The flatness of the substrate tends to deteriorate.

(3) Attaining a high dimensional precision is difficult.

(4) Formation of minute wiring is difficult.

[0007] As conventional methods to enable formation of high-density wiring in a multi-layer circuit substrate, the following methods are known. Japanese Patent Application Laid-Open (*kokai*) No. 4-243978, for example, discloses a method in which a dummy green sheet is pressure-joined onto each of the upper and lower surfaces of a laminate body to serve as a substrate including a plurality of green sheets that can be fired at low temperature, wherein the dummy green sheet does not shrink at a firing temperature of the laminate body; then

the resultant pressure-joined product is fired at a relatively low temperature; and subsequently the unsintered layer attributed to the dummy green sheet is removed by peeling it off after firing. Japanese *Kohyo* Publication No. 5-503498 discloses a modified technique of this method; a pressure is further applied during firing onto a laminate to be formed into a substrate in a direction perpendicular to the laminate planes.

[0008] According to these methods, shrinkage does not occur easily in the X-Y plane, or in other words, in directions parallel to the laminate planes. Therefore, improved dimensional precision of the resultant substrate can be obtained, providing an advantage that breakage of wiring will not easily occur even when the substrate has high density wiring. However, these methods are not drawn to the case in which passive components are contained interior of a substrate.

[0009] Turning again to a method for producing multi-layer circuit boards which contain passive components, a third method is disclosed in Japanese Patent Application Laid-Open (*kokai*) No. 9-92983. This publication discloses a method which combines the following two methods; one method being directed to prevention of the aforementioned shrinkage in the X-Y plane of a substrate, and the other method being directed to partial incorporation, into a multi-layer circuit board, of a capacitor in the form of a sheet or thin film. This method is suitable for the production of multi-layer circuit boards incorporating passive components therein and having a high density wiring.

[0010] In this third method, when the dielectric portion is made of a sheet, a dielectric layer having the same area as that of the substrate is provided. As a result, the dielectric layer is exposed in an edge face of the substrate, and thus, the dielectric layer must be dense enough not to permit penetration of moisture. To meet this requirement, pressure is applied onto the substrate from both the upper and lower surfaces thereof during firing, to thereby make the dielectric layer sufficiently dense. However, the restriction in shape of the dielectric layer causes, among others, the following drawbacks:

- (1) Low level of freedom in design, due to laminar placement of the dielectric in a substrate, and
- (2) Problems such as crosstalk of signals tend to occur.

[0011] In the above-mentioned third method, when the dielectric portion is formed by use of a thick film, there is sometimes included a step in which a depressed portion is formed in the sheet for substrate such that the depression corresponds to the region in which a dielectric portion is to be formed, and subsequently the depression is filled with a dielectric paste. In this case, among the problems involved in the aforementioned first method, i.e., the thin-film method, positional deviation of the thick film and variation in characteristics which may be caused by deformation of the dielectric paste during

pressure-bonding of substrate sheets can be avoided; however, variation in thickness of a paste still remains, through it may become less significant. Moreover, since the dielectric portion is difficult to form into a laminate structure, there remains another problem that large capacity cannot be easily obtained.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0012] In view of the foregoing, an object of the present invention, which solves the above-mentioned problems, is to provide a method for producing a multi-layer ceramic substrate which incorporates a passive component therein and realizes multi-functions, high packing density, and high precision, and to provide a multi-layer ceramic substrate obtained through the method.

[0013] Accordingly, the present invention is directed to a multi-layer ceramic substrate which includes a laminate having a plurality of laminated ceramic layers formed of a ceramic insulating material and a wiring conductor, and a passive component built into the laminate and being wired through the wiring conductor. In order to solve the above-mentioned technical problems, the mentioned passive component is formed by monolithically sintering a compact block containing a green ceramic functional material which is to serve as the passive component, the compact block being built into a space within the laminate, and the sintering being performed simultaneously with firing of the laminate. Also, an interposed layer is formed at least between the passive component and an inside wall extending in a direction perpendicular to lamination planes of the laminate, the interposed layer being obtained by firing, during the step of firing the laminate, a mixture containing a metal which during firing induces oxidation reaction accompanied by expansion or a mixture containing the metal and an optional inorganic compound.

[0014] The above-described interposed layer is preferably disposed also on an inside wall extending in a direction parallel to the lamination planes of the laminate, or on the inside wall and a face extending therefrom.

[0015] The present invention is also directed to a method for producing a multi-layer ceramic substrate which includes a laminate having a plurality of laminated ceramic layers formed of a ceramic insulating material and a wiring conductor, and a passive component built into the laminate and being wired through the wiring conductor. In order to solve the above-mentioned technical problems, the method comprises the steps of:

- providing a compact block to form the passive component, which contains a green ceramic functional material;
- providing a composite green laminate, wherein the composite green laminate contains a wiring conductor and a plurality of laminated ceramic green

sheets comprising a ceramic insulating material different from the ceramic functional material contained in the compact block, the compact block being built within a space pre-disposed in the green laminate, and a paste containing a metal which during firing induces oxidation reaction accompanied by expansion or a paste containing said metal and an optional inorganic compound being provided within a gap at least between an inside wall extending perpendicular to the lamination planes of the laminate and the compact block;

disposing, on each of the principal surfaces located at both ends of the composite green laminate with respect to a direction perpendicular to the lamination planes of the laminate, a sheet-like support formed of a green ceramic which is not sintered at the firing temperature of the composite green laminate;

firing the composite green laminate in a state in which the composite green laminate is sandwiched by the sheet-like supports; and
removing the unsintered sheet-like support.

[0016] In the above-described space of the provided composite green laminate, there is preferably provided a paste which contains a metal which during firing induces oxidation reaction accompanied by expansion and an optional inorganic compound also between an inside wall extending parallel to the lamination planes of the laminate and the above-described compact block, or on the inside wall and a face extending therefrom.

[0017] In the step of firing the above-mentioned composite green laminate, a load is preferably applied perpendicular to the lamination planes of the composite green laminate via a sheet-like support.

[0018] The step of firing the composite green laminate is preferably performed at 1000°C or less.

[0019] When the composite laminate is fired at 1000°C or less, the sheet-like support may contain, e.g., alumina or zirconia.

[0020] In the present invention, the metal which is used to form the interposed layer is preferably at least one species selected from the group consisting of Al, Si, Ti, Fe, Cu, Mo, W, Cr, and Zn.

[0021] Also, in the present invention, the inorganic compound in a mixture containing a metal and an inorganic compound or in a paste preferably include ceramics, glass, or a mixture of ceramics and glass.

[0022] The proportion by weight of the above-mentioned metal and the inorganic compound are preferably 100/0 to 5/95.

[0023] The passive component which is advantageously applied to the multi-layer ceramic substrate and the method for producing the same according to the present invention includes a capacitor, an inductor, and the like. In the present invention, the passive component which is built into the ceramic substrate is not limited to a single component such as a capacitor or an inductor,

and also includes a composite thereof such as an LC composite component which comprises a combination of a capacitor and an inductor.

[0024] As the compact block, there is advantageously employed a compact block having a layer structure providing a multi-layer of internal conductors.

[0025] The ceramic functional materials contained in the compact block preferably comprise glass ceramics or a mixture of glass and ceramics.

[0026] The ceramic insulating materials contained in the ceramic green sheet provided for the composite laminate contain glass or a mixture of glass and ceramics, and the proportions by weight of glass and ceramics are preferably 100/0 to 5/95.

[0027] The wiring conductor or internal conductor preferably contains as a primary component at least one species selected from the group consisting of Ag, Ag-Pt alloy, Ag-Pd alloy, Au, Ni, Pd, Pt, W, Mo, and Cu.

[0028] Other features and advantages of the present invention will become apparent from the following description of the invention which refers to the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

[0029]

FIG. 1 is a cross-sectional view of a multi-layer ceramic substrate 1 according to one preferred embodiment of the present invention.

FIG. 2 is an equivalent circuit diagram derived from the multi-layer circuit substrate 1 shown in FIG. 1.

FIG. 3 is a cross-sectional view for describing a method for producing the multi-layer ceramic substrate 1 shown in FIG. 1, showing ceramic green sheets 2g through 8g, compact blocks 10g and 11g, and sheet-like supports 48 and 49.

FIG. 4 is a cross-sectional view in which ceramic green sheets 4g through 7g and compact blocks 10g and 11g are shown separately.

PREFERRED EMBODIMENTS OF THE PRESENT INVENTION

[0030] As shown in FIG. 1, the multi-layer ceramic substrate 1 includes a laminate 9 having a plurality of laminated ceramic layers 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8 formed of a ceramic insulating material. A capacitor 10, an inductor 11, and a resistor 12 are built into the laminate 9 as passive components. The laminate 9 is provided with wiring conductors 13, 14, 15, 16, 17, and 18 for completing wiring among the capacitor 10, the inductor 11, and the resistor 12, and outer terminal conductors 19a and 19b disposed on the outer surface of the multi-layer ceramic substrate 1. Thus, the multi-layer ceramic substrate 1 constitutes a circuit shown in FIG. 2.

[0031] The multi-layer ceramic substrate 1 having the foregoing construction is produced as follows. FIG. 4 is

a cross-sectional view for describing a method for obtaining some of the components shown in FIG. 3.

[0032] There are individually provided a compact block for producing a capacitor 10g containing a green ceramic functional material used for forming the above-mentioned capacitor 10 and a compact block for producing an inductor 11g containing a green ceramic functional material used for forming the inductor 11.

[0033] The compact block for producing a capacitor 10g contains a ceramic dielectric material and has a lamination structure wherein a multi-layer of internal conductors 21 is formed from a dielectric green sheet 20 containing the ceramic dielectric material. Terminal electrodes 22 and 23 are formed on opposing edge surfaces of the compact block 10g. The internal conductors 21 are alternately connected to the terminal electrode 22 and the terminal electrode 23, as in the case of an internal electrode in known laminated ceramic capacitors.

[0034] The compact block for producing an inductor 11g contains a ceramic magnetic material serving as a ceramic functional material and has a lamination structure wherein a multi-layer of internal conductors 25 is formed from a magnetic material sheet 24 containing the ceramic magnetic material. Terminal electrodes 26 and 27 are formed on opposing edge surfaces of the compact block 11g. The internal conductors 25 are connected to one another through, for example, a via-hole conductor 28 which penetrates magnetic sheets 24, and constitute in their entirety a coil-like conductor path.

[0035] The compact block 10g and the compact block 11g are preferably firable at 1000°C or less.

[0036] Therefore, glass ceramics or a mixture of glass and ceramics are advantageously employed as ceramic materials, i.e., ceramic dielectric materials and ceramic magnetic materials. More specifically, through a doctor blade method, a ceramic slurry obtained by mixing an organic vehicle with a barium titanate powder containing a small amount of borosilicate glass is molded into a sheet, which may be used as the dielectric material sheet 20. Meanwhile, through a doctor blade method, a ceramic slurry obtained by mixing an organic vehicle with a nickel zinc ferrite powder containing a small amount of borosilicate glass is molded into a sheet, which may be used as the magnetic material sheet 24.

[0037] As conductors forming the internal conductor 21, the terminal electrodes 22 and 23, the internal conductor 25, the terminal electrodes 26 and 27, and the via-hole conductor 28, there is advantageously employed an electrically conductive paste containing as a primary component at least one species selected from the group consisting of Ag, Ag-Pt alloy, Ag-Pd alloy, Au, Ni, Pd, Pt, W, Mo, and Cu.

[0038] The internal conductors 21 and 25 may be formed by applying the above-mentioned conductive paste onto the dielectric material sheet 20 and the magnetic material sheet 24, respectively, through screen printing to thereby provide a specific pattern.

[0039] In order to obtain the compact blocks 10g and 11g, as mentioned above, a predetermined number of the dielectric material sheets 20 in which the internal conductors are formed and a predetermined number of the magnetic material sheets 24 in which the internal conductors 25 are formed are laminated, respectively, and the resultant laminates are preferably subjected to a press-bonding step wherein, for example, a hydro-pressure of 200 kg/cm² is applied.

[0040] There are also provided ceramic green sheets 2g, 3g, 4g, 5g, 6g, 7g, and 8g containing a ceramic insulating material for forming the above-mentioned ceramic layers 2 through 8. These ceramic insulating materials contained in the ceramic green sheets 2g through 8g are different from those contained in the above-mentioned compact blocks 10g and 11g.

[0041] The ceramic green sheets 2g through 8g are processed or treated in advance so as to form the above-mentioned compact block for producing a capacitor 10g and the compact block for producing an inductor 11g or to form the above-mentioned resistor 12, wiring conductors 13 through 18, and external terminal conductors 19a and 19b.

[0042] More specifically, a series of via-holes 30, 31, 32, and 33 which collectively form a space 29 for receiving the above-mentioned compact block for producing a capacitor 10g and a series of via-holes 35, 36, 37, and 38 which collectively form a space 34 for receiving the above-mentioned compact block for producing an inductor 11g are disposed in advance on the ceramic green sheets 4g, 5g, 6g, and 7g, respectively.

[0043] Also, a series of via-holes 39, 40, 41, 42, 43, and 44 for forming the wiring conductor 13 are disposed in advance on the ceramic green sheets 2g, 3g, 4g, 5g, 6g, and 7g, respectively. A via-hole 45 for forming the wiring conductor 15 is disposed in advance on the ceramic green sheet 3g. A series of via-holes 46 and 47 for forming the wiring conductor 18 are disposed in advance on the ceramic green sheets 2g and 3g, respectively. In the via-holes 39 through 47, an electrically conductive paste is provided for forming wiring conductors 13, 15, and 18.

[0044] Through a method such as screen printing, to the ceramic green sheet 2g is applied an electrically conductive paste which forms the external terminal conductors 19a and 19b, so as to come in contact with the conductive paste in the via-holes 39 and 46, respectively.

[0045] Through a method such as screen printing, to the ceramic green sheet 3g is applied an electrically conductive paste which forms the wiring conductors 16 and 17, so as to come in contact with the conductive paste in the via-holes 45 and 47, respectively. A thick-film resistor forming the resistor 12 is provided so as to connect the electrically conductive paste forming the wiring conductor 16 and that forming the wiring conductor 17. As the resistor paste which forms the thick-film resistor, there is advantageously used a mixture of an

organic vehicle and a ruthenium oxide powder containing a small amount of borosilicate glass.

[0046] Through a method such as screen printing, to the ceramic green sheet 8g is applied an electrically conductive paste forming the wiring conductor 14, so as to come in contact with an electrically conductive paste in the via-hole 44 and to expose it toward inside the spaces 29 and 34 when the ceramic green sheets 2g through 8g are laminated, i.e., so as to come in contact with the terminal electrodes 23 and 27 of the compact blocks 10g and 11g.

[0047] As the electrically conductive paste which provides the above-mentioned wiring conductors 13 through 18 and the external terminal conductors 19a and 19b, there is advantageously employed an electrically conductive paste containing as a primary component at least one species selected from the group consisting of Ag, Ag-Pt alloy, Ag-Pd alloy, Au, Ni, Pd, Pt, W, Mo, and Cu.

[0048] As the ceramic insulating materials contained in the ceramic green sheets 2g through 8g, there is preferably used an insulating material that is firable at 1000°C or less, such as glass or a mixture of glass and ceramics. In this case, the proportions by weight of glass and ceramics are 100/0 to 5/95. When the proportions are less than 5/95, the firable temperature becomes in excess of 1000°C. This is disadvantageous in that selection of the materials such as the above-mentioned wiring conductors 13 through 18 is limited.

[0049] More specifically, with regard to the ceramic green sheets 2g through 8g, there may be used a ceramic slurry which is obtained by mixing an organic vehicle, a borosilicate glass powder, and a barium titanate powder and molding the mixture into a sheet through a doctor blade method. The ceramic green sheets 2g through 8g obtained from such kinds of materials can be fired at a temperature as low as 800-1000°C.

[0050] By use of the thus-obtained compact blocks 10g and 11g and ceramic green sheets 2g through 8g, the composite green laminate 1g, which provides the multi-layer ceramic substrate 1 when fired, is produced as follows.

[0051] First, the ceramic green sheets 4g through 7g are laminated in advance as shown in FIG. 4.

[0052] Next, there is applied a paste 50g containing a metal which during firing induces oxidation reaction accompanied by expansion and an optional inorganic compound. The paste 50g is formed by kneading the above-mentioned metal powder and the optional inorganic compound powder by use of an organic vehicle in a known manner. As the metal contained in the paste 50g, there is advantageously used at least one species selected from the group consisting of Al, Si, Ti, Fe, Cu, Mo, W, Cr, and Zn. As the inorganic compound, there are advantageously used ceramics, glass, or a mixture of ceramics and glass. More specific examples include Bi_2O_3 , CuO , SiO_2 , TiO_2 , CaO , and BaO . The propor-

tions by weight of the above-mentioned metal and inorganic compound is preferably 100/0 to 5/95. When the proportions are less than 5/95 a poor effect is obtained, due to expansion of the metal oxidized by firing.

[0053] As shown in FIG. 4, the paste 50g is applied on the inside walls of the spaces 29 and 34 formed on the laminated ceramic green sheets 4g through 7g and is also applied on the outside walls opposed to the inside walls of the spaces 29 and 34 that correspond to the outside surfaces of the compact blocks 10g and 11g.

[0054] Subsequently, as shown in FIG. 3, the compact blocks 10g and 11g are built into the spaces 29 and 34, respectively, to thereby position the paste 50g in the spaces 29 and 34 between the inside walls extending perpendicular to the lamination planes of the ceramic green sheets 4g through 7g and the compact blocks 10g and 11g, respectively. In order to obtain such positioning of the paste 50g, the paste may be applied on either of the inside walls of the spaces 29 and 34 and the outside walls of the compact blocks 10g and 11g, but not both.

[0055] When the compact blocks 10g and 11g are built into the spaces 29 and 34 as mentioned above, the terminal electrodes 22, 23, 26, and 27 are exposed from the respective openings of the spaces 29 and 34. Then, the step of press-bonding is performed at, for example, a hydro-pressure of 500 kg/cm^2 , to thereby press-bond the ceramic green sheets 4g through 7g. Thus, inter-layer adhesion among the ceramic green sheets 4g through 7g is enhanced and interspace adhesion between the compact blocks 10g and 11g and the paste 50g and that between the paste 50g and the inside walls of the spaces 29 and 34 are also enhanced.

[0056] Then, ceramic green sheets 2g and 3g are laminated on the above-mentioned ceramic green sheets 4g through 7g and a ceramic green sheet 8g is laminated beneath the green sheets 4g through 7g, to thereby obtain the composite laminate 1g. In the composite laminate 1g, an electrically conductive paste disposed in the via-holes 39 through 44 forms the wiring conductor 13 which is connected with the wiring conductor 14; an electrically conductive paste disposed in the via-hole 45 is connected with the terminal electrode 22 of the compact block 10g; and an electrically conductive paste disposed in the via-holes 46 and 47 forms the wiring conductor 18 and is connected with the terminal electrode 26 of the compact block 11g. The terminal electrodes 23 and 27 of the compact blocks 10g and 11g are connected with the wiring conductor 14.

[0057] As mentioned above, the paste 50g may be applied on the surfaces exposed from the openings of the spaces 29 and 34 in the compact block 10g and 11g before the ceramic green sheets 2g, 3g, and 8g are laminated on and beneath the ceramic green sheets 4g through 7g, or the paste may be applied on the interface between the ceramic green sheets 3g and 4g or on the interface between the ceramic green sheets 7g and 8g. Needless to say, since the paste 50g must be applied

under conditions such that the above-mentioned electric contact is not inhibited, application of the paste is not always be appropriate, but might be satisfactorily employed depending on the wiring conditions when the wiring shown in FIG. 3 is required.

[0058] Meanwhile, there are also provided the sheet-like supports 48 and 49 formed of green ceramics which are not sintered at the sintering temperature of the composite green laminate 1g. As mentioned above, when the compact blocks 10g and 11g and the ceramic green sheets 2g through 8g are firable at 1000°C or less, the composite green laminate 1g obtained therefrom must be firable at 1000°C or less. Therefore, a material which is not sintered at 1000°C may be used as the material for producing the sheet-like supports 48 and 49. For example, there is advantageously used a ceramic slurry obtained by mixing an organic vehicle and a powder of ceramics such as alumina or zirconia, which is subsequently molded into a sheet.

[0059] The sheet-like supports 48 and 49 are disposed on the main surfaces located at the edges perpendicular to the lamination planes of the composite green laminate 1g, i.e., disposed on the two main surfaces. The composite green laminate 1g is then press-bonded with the sheet-like supports 48 and 49. For example, a hydro-pressure of 1000 kg/cm² is applied during the press-bonding step.

[0060] Subsequently, the composite green laminate 1g is fired, e.g., in air at 900°C, while being press-bonded with the sheet-like supports 48 and 49. During the firing step, the composite green laminate 1g is preferably pressed perpendicular to the lamination planes via the sheet-like supports 48 and 49. Through the step, the compact blocks 10g and 11g are fired to thereby form the sintered capacitor 10 and inductor 11, respectively; the ceramic green sheets 2g through 8g are fired to thereby form the laminate 9 comprising the plurality of sintered ceramic layers 2 through 8; and the paste 50g is fired to thereby form the sintered interposed layer 50. Thus, the completely sintered multi-layer ceramic substrate 1 is obtained.

[0061] Even when such a firing step is completed, the sheet-like supports 48 and 49 remain unsintered and are easily removed by peeling off. Thus, the desired multi-layer ceramic substrate 1 can be obtained by removing the sheet-like supports 48 and 49 after cooling.

[0062] Since the above-mentioned sheet-like supports 48 and 49 are not sintered during the firing step, no substantial shrinkage is generated. Therefore, there is advantageously suppressed shrinkage in the X-Y plane (lamination planes) of the composite green laminate 1 sandwiched by the sheet-like supports 48 and 49, i.e., the plane of the main surface main surfaces of the ceramic green sheets 2g through 8g. This enhances the dimensional precision of the multi-layer ceramic substrate and prevents the occurrence of problems, e.g., breakage of minute and high-density wiring made of the

wiring conductors 13 through 18. The capacitor 10, the inductor 11, and the resistor 12 are experimentally confirmed to show characteristics as designed.

[0063] As mentioned above, since the shrinkage in the X-Y plane is suppressed, the sintering behavior of the compact blocks 10g and 11g and the ceramic green sheets 2g through 8g may be easily synchronized during simultaneous firing thereof with the composite laminate 1g. Thus, there may be used any of a wide range of materials for producing the compact blocks 10g and 11g and the ceramic green sheets 2g through 8g.

[0064] Expansion occurs when the paste 50g is fired to form the interposed layer 50.

[0065] More specifically, during firing a metal contained in the paste 50g induces oxidation reaction accompanied by expansion. When the paste 50g contains no inorganic compound, after firing the interposed layer 50 comprises an oxide of the corresponding metal and a complex oxide formed by reaction between the metal and a ceramic component contained in the compact block 10g or 11g and the ceramic green sheets 4g through 7g, which come in contact with the metal. When the paste 50g contains a metal and an inorganic compound, after firing the interposed layer 50 comprises the above-mentioned metal oxide; a complex oxide formed by reaction between the metal and a ceramic component contained in the compact block 10g or 11g and the ceramic green sheets 4g through 7g, which come in contact with the metal; an inorganic compound; and a complex compound formed by reaction between a metal and an inorganic compound. Expansion might also occur during the reaction between the metal and the inorganic compound.

[0066] In the case in which the paste contains both a metal and an inorganic compound, and the metal is Al and the inorganic compound is Bi₂O₃, examples of the formed complex compound include Bi₂Al₄O₉. Similarly, CuAl₂O₄, Al₂SiO₅, TiAl₂O₅, CaAl₄O₇, and BaAl₁₂O₉ may be formed as the complex compounds when CuO, SiO₂, TiO₂, CaO, and BaO, respectively, are used as the inorganic compounds.

[0067] Such expansion occurring when the paste 50g is fired to form the interposed layer 50 acts to compensate for gaps generated between the spaces 29 and 34, and the compact blocks 10g and 11g. As mentioned above, at the portions where the compact blocks 10g and 11g and the ceramic green sheets 3g and 8g are mutually opposed, such gap generation is comparatively easily prevented by pressing the composite green laminate 1g perpendicular to the lamination planes via the sheet-like supports 48 and 49. However, at the portions where the inside walls of the spaces 29 and 34 extending perpendicular to the lamination planes and the compact blocks 10g and 11g and the ceramic green sheets 3g and 8g are mutually opposed, a restraining force transmitted via the sheet-like supports 48 and 49 has insufficient effects and gaps are easily generated.

[0068] The above-mentioned expansion phenomenon

of the paste 50g is particularly effective in compensating gaps generated at the portions where the inside walls of the spaces 29 and 34 extending perpendicular to the lamination planes and the compact blocks 10g and 11g and the ceramic green sheets 3g and 8g are mutually opposed.

[0069] When the paste 50g is not provided or the paste 50g is provided but contains no metal mentioned above, gaps might be generated at the portions where the inside walls of the spaces 29 and 34 extending perpendicular to the lamination planes and the compact blocks 10g and 11g and the ceramic green sheets 3g and 8g are mutually opposed. In this case, the surface of the obtained multi-layer ceramic substrate might contain concave dimples. In more severe cases, generation of cracks extending perpendicular to the lamination planes at the surface of the multi-layer ceramic substrate and the interface thereof with a passive component has been experimentally confirmed.

[0070] As the present invention is described herein with reference to the illustrated figures of the embodiment, a variety of modifications may be possible within the scope of the present invention.

[0071] For example, the circuit design employed in the illustrated multi-layer ceramic substrate 1 is merely a typical example which enables easier understanding of the present invention, and the invention can be equally applied to multi-layer ceramic substrates having any of a variety of wiring designs.

[0072] The compact blocks are not limited to a single component such as a capacitor or an inductor, and an LC composite component may be applied.

[0073] In the above-described preferred embodiment, the spaces 29 and 34 for receiving the compact blocks 10g and 11g are formed by via-holes 30 through 33 and 35 through 38 provided in the ceramic green sheets 4g through 7g; however, a space for receiving a compact block may be formed by a concave portion provided in a specific ceramic green sheet, depending on the size and shape of the block.

[0074] As described hereinabove, according to the multi-layer ceramic substrate of the present invention and method for producing the same, a passive component built into a laminate having a plurality of laminated ceramic layers provided for the multi-layer ceramic substrate and a wiring conductor is monolithically sintered during simultaneous firing of a laminate and a compact block containing a functional ceramic green material built into the laminate. Therefore, the characteristics possessed by the passive component are substantially determined during the step in which the compact block is obtained. The latent characteristics of the compact block are substantially maintained after sintering. Therefore, if the compact block is produced in an appropriate manner, the characteristics of the passive component built into the multi-layer ceramic substrate are realized as designed. Thus, there are provided multi-layer ceramic substrate having stable qualities. The

present invention easily realizes a multi-layer ceramic substrate having multi-functions, high packing density, high precision, and high performance.

[0075] The present invention also provides a multi-layer ceramic substrate having excellent environmental resistance such as moisture resistance, since the passive component is completely built into the laminate.

[0076] According to the present invention, the passive component is three-dimensionally disposed in the multi-layer ceramic substrate to thereby provide a high degree of design freedom, and problems such as signal crosstalk are advantageously prevented.

[0077] Also, according to the multi-layer ceramic substrate of the present invention, an interposed layer is formed between an inside wall extending at least perpendicular to the lamination planes of the laminate and the passive component disposed within the space into which a compact block containing a green ceramic functional material for forming the passive component is built. According to the method for producing the same, during the step of firing the laminate the interposed layer is obtained by firing a paste containing a metal which during firing induces oxidation reaction accompanied by expansion and an optional inorganic compound. Therefore, gaps generated between the space and the block are advantageously compensated, to thereby prevent gap-induced generation of dimples and cracks on the surface of the multi-layer ceramic substrate and to thereby obtain a multi-layer ceramic substrate having excellent reliability.

[0078] According to the method for producing the multi-layer ceramic substrate of the present invention, there is provided a compact block containing a green ceramic functional material for forming the passive component to be built, and the composite green laminate into which the compact green block is built, and the resultant laminate is fired. Therefore, rigorous control of shrinkage during firing is not required as compared with the case in which the pre-fired passive component is fired while being built in. This allows use of a wide range of materials for producing the ceramic green sheet forming the laminate.

[0079] According to the method for producing the multi-layer ceramic substrate of the present invention, there is provided in advance space for receiving a compact block for forming the passive component in the composite green laminate. Therefore, the planar surface of the obtained multi-layer ceramic substrate is maintained well. Since undesirable deformation and breakage of the wiring conductor can be prevented, high-density wiring can be realized with high dimensional precision and without variation of the characteristics. The number of lamination layers of the ceramic layer which forms the multi-layer ceramic substrate can be increased, to thereby easily produce a multi-layer ceramic substrate having high performance.

[0080] According to the method for producing the multi-layer ceramic substrate of the present invention, a

composite green laminate is fired while a sheet-like support formed of a green ceramic which is not sintered at the firing temperature of the composite green laminate is provided on each of the principal surfaces located on the edge of the composite green laminate parallel to the lamination planes. Since the sheet-like support is not sintered, no substantial shrinkage is generated, to thereby suppress shrinkage in the X-Y plane (lamination planes) of the composite laminate sandwiched by the sheet-like supports. Therefore, the dimensional precision of the multi-layer ceramic substrate increases to thereby prevent the occurrence of problems, e.g., breakage of minute and high-density wiring. As mentioned above, since the shrinkage in the X-Y plane is suppressed, the sintering behavior of the compact blocks and the ceramic green sheets may be easily synchronized during simultaneous firing thereof with the composite laminate. Thus, any of a wide range of materials may be used for producing the compact blocks and the ceramic green sheets.

[0081] When the composite green laminate is fired while a load is preferably applied perpendicular to the lamination planes thereof via the above-mentioned sheet-like supports, interlayer adhesion in the lamination planes of the laminate is enhanced. This reliably prevents generation of undesirable gaps between the spaces and the blocks, as well as expansion phenomenon during firing of a paste containing the above-mentioned metal and the optional inorganic compound.

[0082] In the present invention, when at least one species selected from the group consisting of Al, Si, Ti, Fe, Cu, Mo, W, Cr, and Zn is used as the metal for forming the interposed layer, there can be effectively induced, during the firing step, oxidation reaction accompanied by expansion.

[0083] Also in the present invention, when ceramics, glass, or a mixture of ceramics and glass is used as the inorganic compound in a mixture containing a metal and an inorganic compound or in a paste to form the interposed layer, there can also be effectively induced, during the firing step, oxidation reaction accompanied by expansion.

[0084] When the proportions by weight of the metal and inorganic compound in the paste forming the interposed layer are 100/0 to 5/95, there can be effectively induced expansion phenomenon due to oxidation reaction of the metal.

[0085] Also, when the compact block forming a passive component has a lamination structure comprising a multi-layer of internal conductors, there can be obtained a capacitor having high capacitance or an inductor having high inductance.

[0086] In the present invention, a composite laminate can be fired at a comparatively low temperature, e.g., 1000°C, when the ceramic functional materials contained in the compact block comprise glass ceramics or a mixture of glass and ceramics or the ceramic insulating materials contained in the ceramic green sheet pro-

vided for the composite laminate comprise glass or a mixture of glass and ceramics and the proportions by weight of glass and ceramics is 100/0 to 5/95. Therefore, there can be used without any problem a wiring conductor containing at least one species selected from the group consisting of Ag, an Ag-Pt alloy, an Ag-Pd alloy, Au, Ni, Pd, Pt, W, Mo, and Cu, as a primary component. With regard to the above-mentioned sheet-like support, there can be used a support containing alumina or zirconia, which has comparatively high availability and chemical stability.

[0087] While the invention has been particularly shown and described with reference to preferred embodiments thereof, it will be understood by those skilled in the art that the forgoing and other changes in form and details may be made therein without departing from the spirit of the invention.

Claims

1. A multi-layer ceramic substrate (1), comprising:

a laminate (9) having a plurality of laminated ceramic layers (2-8) formed of a ceramic insulating material and a wiring conductor (13-18); a passive component (10; 11) built into the laminate (9) and being wired through the wiring conductor;

the passive component being formed by monolithically sintering, simultaneously with firing of the laminate (9), a compact block (10g, 11g) containing a green ceramic functional material which is to serve as the passive component, the compact block (10g, 11g) being built into a space (29, 34) within the laminate (9);

an interposed layer (50) formed at least between the passive component (10, 11) and an inside wall extending in a direction perpendicular to lamination planes of the laminate (9); the interposed layer (50) being obtained by firing, during the step of firing the laminate (9), a mixture (50g) containing a metal which during firing induces oxidation reaction accompanied by expansion or a mixture containing said metal and an optional inorganic compound.

2. The multi-layer ceramic substrate (1) according to Claim 1, wherein the interposed layer is also formed between the passive component (10, 11) and an inside wall extending in a direction parallel to the lamination planes of the laminate (9), or on said inside wall and a face extending therefrom.

3. The multi-layer ceramic substrate (1) according to Claim 1 or 2, wherein the metal is at least one species selected from the group consisting of Al, Si, Ti, Fe, Cu, Mo, W, Cr, and Zn.

4. The multi-layer ceramic substrate (1) according to any one of Claims 1 through 3, wherein the inorganic compound comprises ceramics, glass, or a mixture of ceramics and glass. 5
5. The multi-layer ceramic substrate (1) according to any one of Claims 1 through 4, wherein the proportions by weight of the metal and the inorganic compound are 100/0 to 5/95. 10
6. The multi-layer ceramic substrate (1) according to any one of Claims 1 through 5, wherein the passive component (10, 11) comprises a capacitor or an inductor. 15
7. The multi-layer ceramic substrate according to any one of Claims 1 through 6, wherein the compact block (10g, 11g) has a layer structure providing a multi-layer internal conductor. 20
8. The multi-layer ceramic substrate (1) according to any one of Claims 1 through 7, wherein the ceramic functional material contained in the compact block (10g, 11g) comprises glass ceramics or a mixture of glass and ceramics. 25
9. The multi-layer ceramic substrate (1) according to any one of Claims 1 through 8, wherein the ceramic insulating material that constitutes the ceramic layers comprises glass or a mixture of glass and ceramics, wherein the proportions by weight of the glass and the ceramics are 100/0 to 5/95. 30
10. The multi-layer ceramic substrate (1) according to any one of Claims 1 through 9, wherein the wiring conductor (13-18) or the internal conductor contains as a primary component at least one species selected from the group consisting of Ag, Ag-Pt alloy, Ag-Pd alloy, Au, Ni, Pd, Pt, W, Mo, and Cu. 35
11. A method for producing a multi-layer ceramic substrate (1) including a laminate (9) having a plurality of laminated ceramic layers (2-8) formed of a ceramic insulating material and a wiring conductor (13-18), and a passive component (10, 11) built into the laminate (9) and being wired through the wiring conductor (13-18), comprising the steps of: 40
 - providing a compact block (10g, 11g) to form the passive component (10, 11), which contains a green ceramic functional material; 50
 - providing a composite green laminate (1g), wherein the composite green laminate contains a wiring conductor (13) and a plurality of laminated ceramic green sheets (4g-7g) comprising a ceramic insulating material different from the ceramic functional material contained in the compact block (10g, 11g), the compact block (10g, 11g) being built within a space (29, 34) pre-disposed in the green laminate (1g), and a paste (50g) containing a metal which during firing induces oxidation reaction accompanied by expansion or a paste containing said metal and an optional inorganic compound being provided within a gap at least between an inside wall extending perpendicular to the lamination planes of the laminate (1g) and the compact block (10g, 11g);
 - disposing, on each of the principal surfaces located at both ends of the composite green laminate with respect to a direction perpendicular to the lamination planes of the laminate (1g), a sheet-like support (48, 49) formed of a green ceramic which is not sintered at the firing temperature of the composite green laminate; firing the composite green laminate (1g) in a state in which the composite green laminate (1g) is sandwiched by the sheet-like supports (48, 49); and removing the unsintered sheet-like supports (48, 49).
12. The method according to Claim 11, wherein in the step of providing a composite green laminate (1g), said paste is also provided in a space between said compact block (10g, 11g) and an inside wall extending in a direction parallel to the lamination planes of the laminate (1g), or on said inside wall and a face extending therefrom. 45
13. The method according to Claim 11 or 12, wherein, in the step of firing the composite green laminate (1g), a load is applied perpendicular to the lamination planes of the composite green laminate (1g) via the sheet-like support (48, 49). 50
14. The method according to any one of Claims 11 through 13, wherein the step of firing the composite green laminate (1g) is performed at 1000°C or less. 55
15. The method according to Claim 14, wherein the sheet-like support (48, 49) contains alumina or zirconia.
16. The method according to any one of Claims 11 through 15, wherein the metal is at least one species selected from the group consisting of Al, Si, Ti, Fe, Cu, Mo, W, Cr, and Zn.
17. The method according to any one of Claims 11 through 16, wherein the inorganic compound comprises ceramics, glass, or a mixture of ceramics and glass.
18. The method according to any one of Claims 11 through 17, wherein the proportions by weight of

the metal and the inorganic compound are 100/0 to 5/95.

19. The method according to any one of Claims 11 through 18, wherein the compact block (10g, 11g), after undergoing sintering, is transformed so as to function as a capacitor (10) or an inductor (11). 5
20. The method according to any one of Claims 11 through 19, wherein the compact block (10g, 11g) has a layer structure providing a multi-layer internal conductor. 10
21. The method according to any one of Claims 11 through 20, wherein the ceramic functional material contained in the compact block (10g, 11g) comprises glass ceramics or a mixture of glass and ceramics. 15
22. The method according to any one of Claims 11 through 21, wherein the ceramic insulating material contained in the ceramic green sheet provided in the composite laminate (1g) comprises glass or a mixture of glass and ceramics, wherein the proportions by weight of the glass and the ceramics are 100/0 to 5/95. 20 25
23. The method according to any one of Claims 11 through 22, wherein the wiring conductor (13) or the internal conductor contains as a primary component at least one species selected from the group consisting of Ag, Ag-Pt alloy, Ag-Pd alloy, Au, Ni, Pd, Pt, W, Mo, and Cu. 30

35

40

45

50

55

Fig. 1

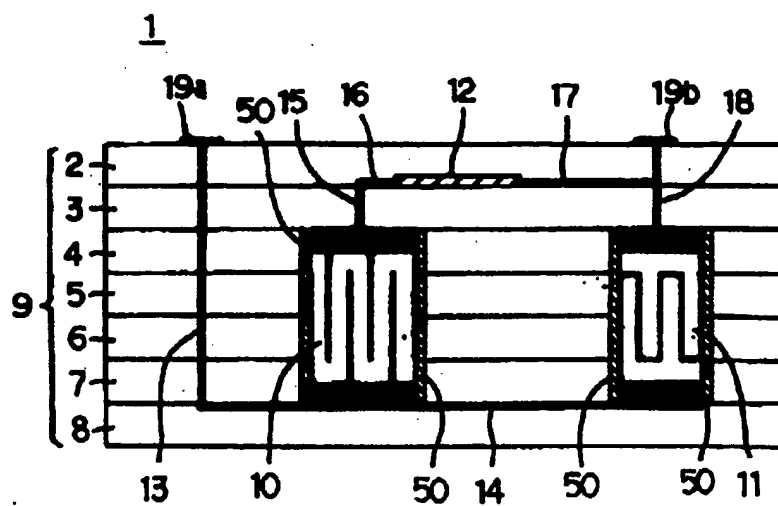


Fig. 2

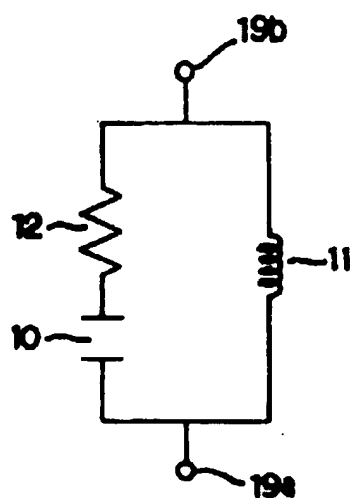


Fig. 3

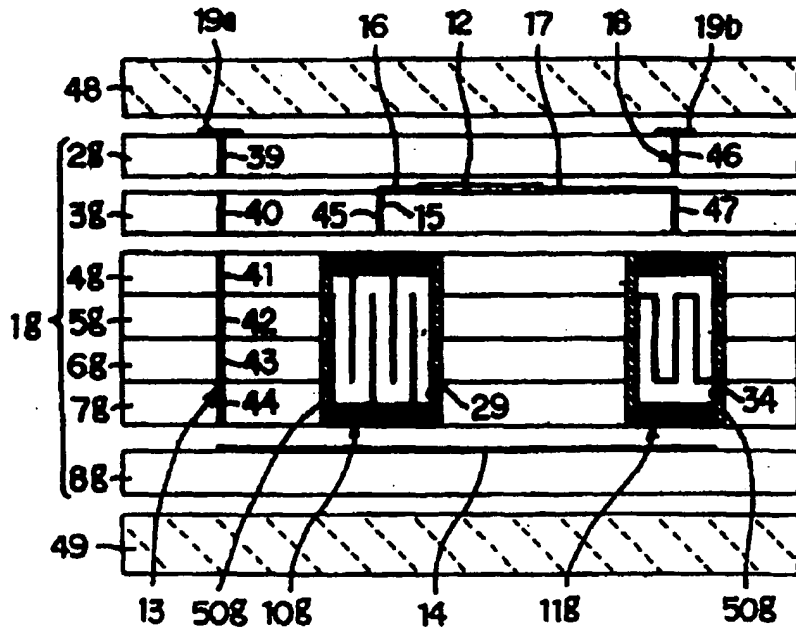
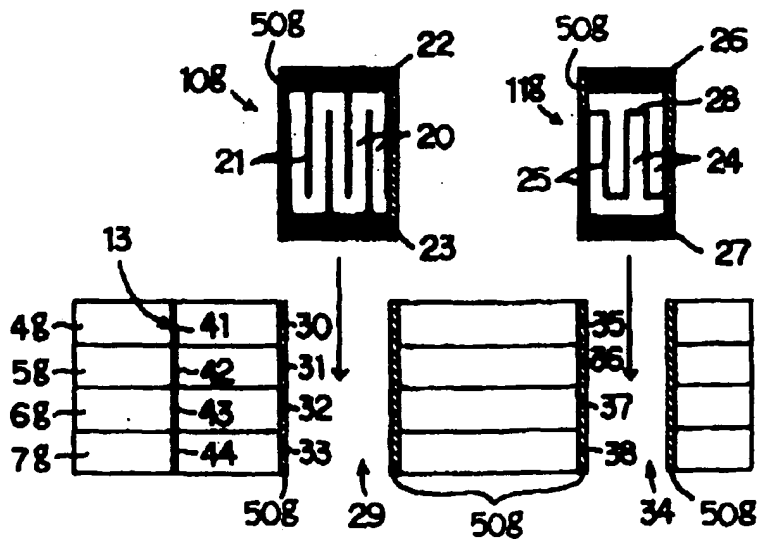


Fig. 4





INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁶ : H01G 4/06, 4/20, 4/228, 4/10, H01C 10/10, 10/00, 7/10, H01L 27/108, 23/02	A1	(11) International Publication Number: WO 98/39784 (43) International Publication Date: 11 September 1998 (11.09.98)
(21) International Application Number: PCT/US98/03270 (22) International Filing Date: 3 March 1998 (03.03.98) (30) Priority Data: 08/812,151 6 March 1997 (06.03.97) US 08/812,172 6 March 1997 (06.03.97) US 08/812,832 6 March 1997 (06.03.97) US Not furnished 27 February 1998 (27.02.98) US (71) Applicants: SARNOFF CORPORATION [US/US]; CN 5300, Princeton, NJ 08543-5300 (US). SHARP CORPORATION, K.K. [JP/JP]; 22-22, Nagaike-cho, Abeno-ku, Osaka 545 (JP). (72) Inventors: TORMEY, Ellen, Schwartz; 8 Jeffrey Lane, Princeton Junction, NJ 08550 (US). PRABHU, Ashok, Narayan; 21 Meadow Lane, East Windsor, NJ 08520 (US). SREERAM, Attiganal, Narayanaswamy; 39-02 Fox Run Drive, Plainsboro, NJ 08536 (US). LIBERATORE, Michael, James; 208B Bakers Basin Road, Lawrenceville, NJ 08648 (US). PALANISAMY, Ponnusamy; 133 Claremont Drive, Lansdale, PA 19446 (US). (74) Agent: O'ROURKE, John, F.; Sarnoff Corporation, Patent Operations, CN 5300, Princeton, NJ 08543-5300 (US).		(81) Designated States: JP, KR, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Published <i>With international search report.</i> <i>Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendments.</i>
(54) Title: CERAMIC MULTILAYER PRINTED CIRCUIT BOARDS WITH EMBEDDED PASSIVE COMPONENTS		
(57) Abstract <p>Passive components such as capacitors, resistors, and RF filters can be made by screen printing suitable inks onto green tapes, completed with conductive layers (14, 15) below and above the component ink layers. The resultant green tape stack is then fired to form embedded capacitors. By laminating the green tape stack onto metal support board substrate, shrinkage in the x and y dimensions is limited and the components can maintain close tolerances. When many green tape layers are to be stacked, improved shrinkage is obtained when green tapes having a moderate amount of oxide fillers, e.g., less than about 15 % by weight of the green tape composition, are interleaved with green tape having higher amounts, e.g., above 25 % by weight, of oxide fillers.</p>		